心理科学进展 2021, Vol. 29, No. 11, 2062–2072
Advances in Psychological Science

https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2021.02062

概率估计的趋势效应及其对决策的影响机制——基于心理动量的视角*

熊冠星 [1] 叶金明 [1] 孙海龙 [2]

([1] 华南师范大学经济与管理学院, 广州 510006) ([2] 广东外语外贸大学商学院, 广州 510006)

摘 要 概率是反映风险与不确定性的重要指标, 概率估计具有趋势效应, 会对决策产生影响。文章描述了概率估计趋势效应的两种表现形式, 概率估计变化的趋势性(即不同时间点概率估计变化产生的趋势作用)与单边概率估计的趋势性(即高于或低于某个概率区间范畴的上界或下界的估计表述所产生的趋势作用), 揭示了概率估计趋势效应对于个体判断、决策行为和非理性决策偏差的影响; 基于心理动量的理论视角提出了一个整合模型, 阐述了概率估计趋势效应催生心理动量体验继而引发后续决策行为的内在机理。未来的研究可进一步关注: 多方信息来源主体下概率估计的趋势效应; 动态趋势效应与静态概率估计的交互作用; 风险沟通中的概率估计变化趋势。

关键词 概率估计, 趋势效应, 心理动量, 概率变化, 单边概率, 决策

分类号 B849:C91

1 引言

概率估计是人们在预测未来事件时经常使用的一种工具(熊冠星, 2020)。已有的大部分研究关注的是个体如何评价点概率(static snapshot, 即某个静态点的概率估计值)的特征、前因与影响机制(e.g., Brenner et al., 2012; Isaac & Brough, 2014), 例如孙庆洲等人(2019)分析了点概率主观估计与客观值之间的差异, 描述了概率权重偏差的特征及对决策的作用; 杜雪蕾等人(2012)解析了点概率的文字概率形式与数字概率形式之间的联系、区别与转化, 以及对个体不确定信息沟通和风险决策的影响; Suter 等人(2016)研究了情感丰富性结果对于点概率估计的失真和概率忽视的影响; Regenwetter 和 Davis-Stober (2018)探索了基于点概率的二元选择概率模型的独立性和平稳性的作用。

然而在现实当中, 概率估计是动态的, 并非是纯静止的, 随着与事件相关的可得信息的不断更新, 个体对于未来事件的概率估计会呈现一个持续变化的状态, 例如: 初始预测明日天晴的概率是 30%, 一小时后预测概率修正为 40%; 或是, 初始预测某只股票上涨的概率是 50%, 一段时间后预测概率修正为 40%。Maglio 和 Ploman (2016)指出即使在经历各自变化后不确定性事件的最终预估概率是一样的(正如例子当中的最近点概率 40%), 但是人们对于经历了的上涨型概率变化(如 30%~40%)事件和下降型概率变化(50%~40%)事件, 所做出的判断和决策反应会有显著的差别。此外, 概率估计在日常使用时, 人们一般依赖已有的经验和不完善的信息给出一个模糊的概率区间, 对于不同程度的不确定性往往用范围区间(固定最大值和最小值)来传递(Teigen et al., 2018), 而在使用中对于这个概率区间却往往只对其中的一边给予具体化, 例如气象学家在描述秋冬季的厄尔尼诺现象发生时, 其本身概率是[40%~50%], 但是沟通者往往只选择强调一个边界, 如“高于 40%”, 或者“低于 50%”, 这被称为“单边概率估

收稿日期: 2021-03-12
* 国家自然科学基金青年项目(71901097), 广东省自然科学基金面上项目(2019A1515010722), 教育部人文社科基金项目青年项目(20YJCZH135), 广东省哲学社会科学基金青年项目(GD18YGL05, GD19YGL07), 广东省自然科学基金粤穗联合基金(2020A1515110429)。
通信作者: 孙海龙, E-mail: sunhailong@gdufs.edu.cn

计” (Teigen et al., 2007), 同一概率区间在不同单边概率估计的描述中也会产生完全不同的作用。

学者们将概率估计的这种由持续变化性或单边估计性所诱导出来的对未来发展的某个方向的预期统称为概率估计的趋势效应(Hohle & Teigen, 2015; Hohle & Teigen, 2018)。概率估计的趋势效应具有怎样的规律? 这种效应会对个体的判断与决策产生什么影响? 这背后又是怎样的作用机理? 基于上述问题, 本文描述了概率估计趋势效应的两种表现形式(“概率估计变化的趋势性”和“单边概率估计的趋势性”), 并阐述了概率估计的趋势效应对决策的影响, 在此基础上, 从心理动量的理论视角出发构建了机制整合模型, 最后指出了未来研究的发展方向。

2　概率估计的趋势效应及其对决策的影响

2.1　概率估计变化的趋势性表现

Tetlock 和 Gardner (2015)指出概率估计不会长时间保持在同一水平, 因为预测者会利用不断迭代的新信息修正预测, 以使得对于目标事件的预估判断更为精准。概率估计变化指的是概率从一个时间点到另一个时间点的持续修正, 而这一改变就构成了一个概率估计序列。大量研究表明, 一般的非随机序列都存在趋势效应, 例如温度变化序列、股价序列、销售序列等(e.g., Lewandowsky, 2011), 并且这些趋势效应会影响人们的行为, 例如 Shen 和 Hsee (2017)就发现了递增型数字序列对于人们行为表现的助推作用, 他们的研究表明潜在的数字变化序列, 特别是以一个递增速度变化的递增数字序列对于个体在进行各项任务中的表现影响最大。概率估计变化的序列也不例外, 两个连续的概率变化估计与一系列的其他类型数字一样, 都可以视为一种基本模式的表现, 它们不仅是概率预测者当前知识的总结, 而且可被看作是具有自身进展的动态变化, 这将会导致更大的确定性 (或不确定性) (Markman & Guenther, 2007)。因此, 当不同时间点的两种概率估计存在差异时, 人们不仅可以从明确的数字判断目标时间发生概率的大小, 还可以根据概率变化的方向预测未来目标事件的走向。

概率估计变化引发的趋势效应在多个领域被证实。在气候领域, Hohle 和 Teigen (2015)的研究发现当“专家预测 2100 年全球平均气温会升高 3 度”的概率从 60% (对照组为 80%)变化到 70%时, 实验组有 78%的被试认为向上修正的概率具有趋势性, 10 年后的概率预测将会达到 75.4%; 而对照组有 66%的被试认为向下修正的概率具备趋势性, 10 年后的概率预测将会降低到 62.2%。之后, 在同样气候情境的 2 (预测源:计算机 vs 气候学家) x 2 (趋势方向:增加 vs 降低)的混合实验设计中, 他们还进一步发现, 不论预测的来源主体是专家还是计算机, 个体感知到的趋势效应均显著, 与前项实验结论一致。在医疗领域, Erlandsson 等人(2018)利用疾病在两个不同时间点的死亡率变化作为实验材料, 操纵了概率变化趋势, 分别呈现上升、下降和不变趋势三组, 结果发现被试认为上升趋势组的疾病比下降趋势组的疾病更为严重, 并且这两个时间点所构成的趋势会在未来持续下去, 个体会去推断未来的患病人数和风险。在商业领域, Hohle 和 Teigen (2019)的研究发现尽管最终的绝对概率是一致的, 都是 30%, 但是上升组(即概率从 20%到 30%)的消费者比下降组(即概率从 40%到 30%)的消费者主观上认为 30%的可能性更大, 并且未来会保持相关趋势。

概率估计变化的趋势效应研究目前多聚焦于两时点的单一线性概率改变(如单调上升, 单调下降), 但是在现实生活中, 概率估计变化总是会更为复杂, 呈现多时点的“非线性趋势”变化。因此, 部分学者开始对此进行更深入地探索。Maglio 和 Ploman (2016)采用 2 (概率趋势变化方向: 上升, 下降) x 2 (潜在的未来改变信息: 有, 无) 的被试间设计, 探索两时点趋势之后的潜在信息改变对个体判断的影响, 情境是气候变化中的鸟类濒危现象, 因变量是评估这种鸟类灭绝距离自身有多近: 潜在的未来改变组是告诉被试“新信息预计将持续更新”, 意味着这个概率评估将会再次修订; 无潜在改变组则告诉被试“没有新信息将会更新”, 结果发现概率趋势变化方向与潜在未来改变信息的交互效应显著, 即当潜在提示未来还会有持续信息更新时, 相比下降的趋势情境, 个体判断上升的趋势情境下鸟类的灭绝更为接近。可见, 未来时点的信息会对已有两时点形成的趋势性造成影响。在此基础上, Hohle 和 Teigen (2018)的研究通过增加第三时间点的具体概率估计来探索其中的规律, 实验情境是对未来粮食产量的预测, 他

们采用单因素被试间设计将被试分成三组(组 A 的预测概率变化趋势是 60%~70%~60%; 组 B 的预测概率变化趋势是 60%~50%~60%; 组 C 的预测概率一直是 60%保持不变), 频率计数的结果显示：在组 A 中大多数被试认为未来概率会持平于 60%, 而在组 B 中, 因为最新的预测高于前一次的概率估计值, 大多数的人预测下一次的预估值将回归到 50%。他们的研究表明, 当第三个时间点的概率预测与前两个时间点的变化趋势不一致时, 最靠近的两个时间点的概率变化将不再被视为一种趋势, 而对未来预测的估计将具备多变性。虽然在 Ersner-Hershfield 等人(2010)的研究中, 将线性上升的直线和“先降后升”的正 V 型图形视为趋势上升的一类, 线性下降的直线和“先升后降”的倒 V 型视为趋势下降的一类, 但是从 Hohle 和 Teigen (2018)的研究中我们发现, “先降后升”的正 V 型概率估计变化和“先升后降”的倒 V 型的概率估计变化所引发的未来趋势均与单调线性的不一致, 且两种类型之间也呈现出不对称性。事实上, 我们认为此时趋势效应并没有消失, 而是新增的预测与已有的趋势一致性不兼容, 使得个体判断和决策结果变的更为复杂。当从三时点进一步延展到多时点时, 还会出现“W”或“M”型的概率变化, 这其中会产生怎样的趋势和规律? 目前鲜少有研究探索, 有待未来进一步的探究。

综上可见, 当概率估计从一个时间点更新到另外一个时间点发生变化时, 两时点间的概率估计的递增或递减就会产生向上或向下的趋势作用, 当没有潜在的未来信息更新时, 这种单调递增或递减的趋势作用就会持续影响个体的判断与决策。而当出现第三个时间点的概率估计信息时, 如果保持与前面两点的方向一致, 那趋势效应的方向会与前面保持一致, 强化已有的线性趋势; 但是如果第三个时间点的概率估计与前两点的线性方向不一致, 则会呈现多时点的非线性变化, 此时趋势效应会呈现多变性。总的来说, 概率估计变化使得个体知觉到了趋势性。

2.2 单边概率估计的趋势性表现

概率估计的趋势效应除了包含由持续变化性所诱发的趋势性表现外, 还包括由单边估计性所产生的趋势性表现。单边概率估计只有一个区间界限, 如上限(低于 X%的概率)或下限(高于 Y%的概率)。上界与下界所在的位置这两个指标是范围预测事后评估的关键, 即在描述区间概率[x, y]时只描述下界(例如高于或者多于 x 的百分比变化), 或者是上界(低于或者少于 y 的百分比变化)。在语言学里面, 这被称为模糊限制语(hedges), 这其中的下界(高于某个状态)往往暗示着增长的趋势, 上界(低于某个状态)往往暗示着下降的趋势, 将会影响到对未来预期的改变(Hohle & Teigen, 2018)。单边概率描述了模糊限制的非对称逼近机制, 暗示了一个可能价值的范畴在某个规定值附近的不对称指向(Ferson et al., 2015)。

单边概率估计诱发趋势效应。Howe 等人(2019)指出人们对于单边概率估计表述和双边概率区间表述在认知上有显著不同。Hohle 和 Teigen (2018)的研究让所有被试都浏览“专家已做出概率预测”的三个情境：一个是某区域可以进行石油勘探的概率; 一个是能实现风车公园的概率; 还有一个是该年发生某种气象现象的概率。在每一个场景中, 专家会描述“现在的概率是____%”。在“高于” (over)、“低于” (under)和对照组里, 这些概率估计值在三种情境中分别有“高于(低于、大约)30%, 50%, 70%”三种情况。结果发现, 用估计的现在概率值减去估计的之前概率值, 在“高于”组和对照组, 大部分的被试认为之前的概率更低, 到现在呈现一个上升趋势; 而在“低于”组, 被试认为之前的概率更高, 到现在呈现一个下降趋势, 即使对于那些现在专家估值概率依然很高的事件情况也是这样。三个情境中不同数值概率条件下的被试反馈均类似。此外, 对于“专家期望”问题的回答上, 几乎所有“高于 50%”或者“高于 70%”的条件下, 被试回答的都是“是”, 而所有“低于 50%”或者“低于 30%”的条件下, 被试回答的都是“否”。同时, 趋势效应也发生了额外的作用, “高于 30%”条件下的被试会经常性地相信专家估值概率会发生逆势上涨。这些结果表明, 单边概率估计“泄露”了概率之前是什么样子的信息以及专家对未来的期望, 趋势效应显著。Løhre 等人(2019)在之后的实验中也进一步证实了单边概率估计的趋势性, 他们要求被试评估的是北海罗浮敦岛外进行石油钻探的前景, 他们发现被试在面对不同组对于专家给出的高于 50%或者低于 50%的概率表述时, 个体会对相关事件的发生概率有显著不同的认知。

以上可见, 概率估计变化与单边概率估计所

产生的趋势效应会对个体的认知与判断产生影响。但是已有静态概率的研究表明, 人们在评估概率时表现的认知意向与当真正进行选择时的选择行为之间可能存在偏差(e.g., Fehr-Duda & Epper, 2012), 那么概率估计的趋势效应是否会对实际的判断与决策行为产生相同的影响? 我们接下来将进一步进行论述。

2.3　趋势效应对决策行为的影响

概率估计的趋势效应影响个体的判断和真实决策行为。Løhre (2018)的研究表明, 向上的概率估计变化趋势会使得个体对于自身对未来的预测判断更加地确定, 并最终进行相应地评估; 同时增加的对于未来结果的确定性会带来结果强度的增强, 因为人们普遍相信影响事件的结果强度会源于趋势原因的变化。相对地, 向下的概率估计变化趋势会使个体对于自身对未来的预测判断变得不那么确定, 可能导致消极的评估, 下降的对于未来结果的确定性会带来结果强度的减弱。Maglio 和 Ploman (2016)的现场行为实验(即被试选择了后会直接将选择的葡萄酒带走)中, 葡萄酒 1 的零售价为 15 美元, 是完全未受到污染的; 葡萄酒 2 的零售价是 40 美元, 但有可能瓶子由于橡木塞的原因受到污染, 被试被告知葡萄酒 2 出现缺陷的概率由初始的 10% (对照组为 20%)修正到 15%, 结果显示, 概率估计的变化趋势显著影响被试的决策, 当葡萄酒出现缺陷的概率上升时, 有 34.2%的被试选择葡萄酒 2; 而当葡萄酒出现缺陷的概率下降时, 有 47.5%的被试选择葡萄酒 2。此外, 在足球领域, Guenther 和 Kokotajlo (2017)的研究表明个体感知到的赢球概率的趋势效应会显著影响任务信心并触发风险寻求行为, 这一趋势效应对于风险决策的影响, 之前就在 NBA 篮球比赛的运动员身上被发现过(Attali, 2013)。Briki 和 Zoudji (2019)还发现, 在体育比赛中, 教练感知到的趋势效应会影响其战略决策, 即积极概率的趋势效应感知会使教练做出“坚持” (stick)的选择行为, 而消极概率趋势效应的感知则会使他做出“转换” (switch)的行为。

概率估计的趋势效应除了影响个体的各种决策行为, 还影响其非理性决策偏差, 例如框架效应, Maglio 和 Ploman (2016)通过改变“亚洲疾病”问题的概率设置, 探索了概率估计变化对框架效应的影响。他们的研究首先重复了原亚洲疾病问题(静态概率), 指导语为“美国正面对一种不寻常的亚洲疾病冲击, 600 人可能死亡, 现有两种治疗方案, 你会选择___? ”, 结果发现: 在获得框架下, 69.3%的人选择方案 A (方案 A: 如果采用此种方案, 200 人会获救; 方案 B: 如果采用此种方案, 33%的可能性 600 人将生还, 而有 67%的可能性无人将生还); 在损失框架下, 35.1%的人选择方案 C (方案 C: 如果采用此种方案, 400 人会死亡; 方案 D: 如果采用此种方案, 有 67%的可能性 600 人将死亡, 而有 33%的可能性无人将死亡)。这一框架效应偏好方向与 Tversky 和 Kahneman 的结果一致。在此基础上, 他们进一步添加了生还或者死亡的概率变化的信息, 同时为了保证过程控制, 他们还同时添加了确定选项的变化, 改变后的框架效应题项与结果为: 在获得框架下, 78.9%的人选择方案 A’ (方案 A’: 如果采用此种方案, 275 人会生还, 但是在后来这被修订为 200 人生还; 方案 B’: 如果采用此种方案, 46%的可能性 600 人会生还, 而有 54%的可能性无人将生还, 但是在后来这被修订为 33%的可能性 600 人将生还, 而有 67%的可能性无人将生还); 在损失框架下, 43.2%的人选择方案 C’(方案 C’: 如果采用此种方案, 475 人会死亡, 但是在后来这被修订为 400 人会死亡; 方案 D’: 如果采用此种方案, 79%的可能性 600 人将死亡, 21%的可能性无人将死亡, 但是在后来这被修订为 67%的可能性 600 人将死亡, 而有 33%的可能性无人将死亡)。他们的研究表明, 虽然框架效应的整体偏好方向没有改变, 但是变化的概率估计还是显著影响了人们在框架效应中的偏好选择。

综上可见, 概率估计的趋势效应对个体的决策行为产生了很大的影响, 趋势效应所产生的趋势期望方向会从认知和知觉层面上影响到个体的判断与决策。上述一系列的证据表明概率估计的趋势效应不仅对各种决策行为有影响, 还对非理性决策偏差产生作用, 这说明概率估计的趋势效应的普适性与稳健性均较强, 拥有规则性的内在心理作用机制。因此, 本文将从概率的特点入手, 从心理动量理论的视角来揭示概率估计趋势效应影响决策行为的机理。

3　心理动量理论视角的机制解析

概率从属于数量表征领域, 行为决策的研究

表明对客观概率的认知主要基于个体对于主观概率的理解(Gallistel et al., 2014; 王晓田, 2019)。实证研究证据表明，主观感知概率不仅会被静态的结果所影响，同时会被动态的变化所塑造(Caruso et al., 2013; Maglio & Polman, 2014)。人类知觉系统当中最重要的一项特质就是感受对比和变化，因为大脑需要比较系统来认知世界，概率估计的变化和单边概率的描述诱发的趋势效应会带来知觉体验上的变化，产生心理动量(psychological momentum) (Briki & Markman, 2018)。动量的概念源于物理学，描述的是当施加一个克服阻抗的力量到移动的物体上时，物体不会即刻停下，而是会保持在这个方向上移动一小段时间的这个过程。在心理学里面，学者们提出与物理动量相似的认知过程，即心理动量。心理动量一旦被激发，会产生一个“势”，即会沿着动量变化方向延伸或发展，例如，当运动员在竞技性比赛中开始表现良好的时候，他们会感觉他们在“轨道”上了(on track)，这能够激发他们的自信、自我效能感以及更好的后续表现(Iso-Ahola & Dotson, 2014)，这个在“轨道”上的感觉即是心理动量产生的“势”；在视觉注意领域，当观察者在屏幕上看到一个随后将会消失的运动的点时，被试预测点运动的时间要快于实际时间。心理动量产生的“势”会诱发相关后效，例如在写作领域，人们预期当一个写作者经历一个暂时的动量变化时，会比他一直在持续的稳定的进程中更快地完成他的写作任务。

“一般心理动量”理论认为，几乎在所有领域里，个体均会识别并按照心理动量的感知行事(Markman & Guenther, 2007)。心理动量是探索未来预计价值、位置或者事件的一个过程，它与“迟滞” (hysteresis)的概念不同。“迟滞”描述的是：一种状态流行的时间越长(例如低失业率)，那么这种状态改变或者调转方向所花费的时间就越长，因为这种状态自身会持续并且逐渐地自我加强，演变为“状态状” (state like)。而心理动量是一种基于时间和预测的动量类型，即当呈现以前的趋势时，人们会参与到心理模拟的过程中来，不仅会考虑当前状态之所在，还会考虑可能的合理趋向，而未来的行为往往基于“在同一方向上的连续性与推断” (Hubbard, 2015)。Loewenstein 等人(2001)指出人们不是单独根据所在时刻估计的函数值来评估概率期望，而更多的是针对经历可能性的主观感知来进行评估。在估计事件确定性时，思想和行为主要源于在评估事件概率时所产生的主观可能性，个体会经常推断，趋势在其他条件不变的情况下会持续保持在一个给定方向上。

本文从心理动量的理论视角出发，构建了概率估计的趋势效应引发心理动量继而产生后续决策行为的整合模型，机制路径图如图 1 所示，我们将对概率估计的趋势效应及其决策影响机制进行全方位的解析。概率估计变化和单边概率估计都会带来一个动态变化趋势，而这个趋势成为个体心理状态变化的一个起始触发点(initial point)，如图 1 左侧所示，起始触发会给事件施加一个发展的“势” (在物理学中这被称为施加的初始“动力”)，这种“势”的持续会随着随后的事件发展(在物理学中被称为目标运动)而消散，这一推动力也

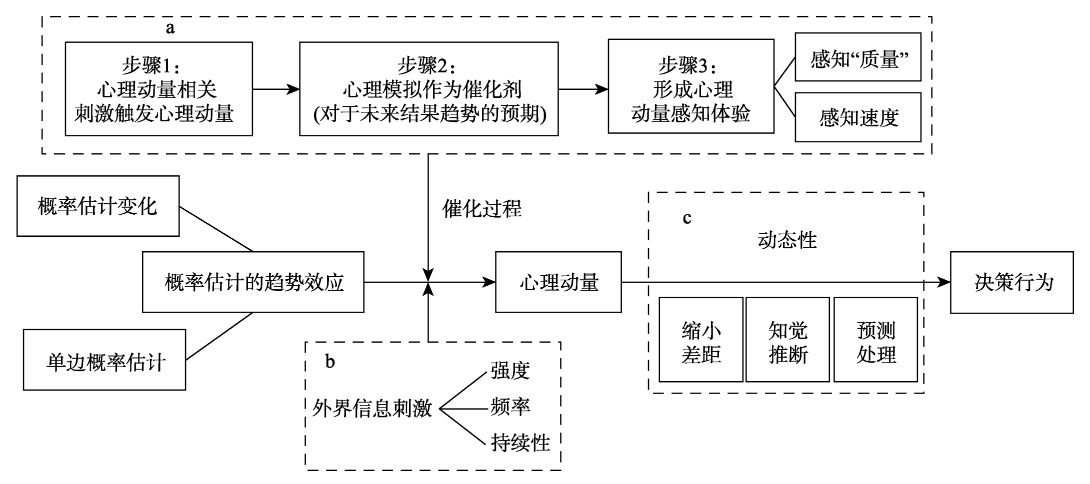


图 1 基于心理动量视角的概率估计的趋势效应影响机制模型

会最终促使个体在感知中形成判断与决策研究者定义的“倾向” (propensity) (Fessell & Roese, 2011)。趋势的发展与动量的概念相联系，事件的趋势线索揭示了行动中的因果关系，即朝向焦点结果的进展或远离焦点结果的发展，概率估计的趋势效应催发心理动量体验包含三个步骤(如图 1 的上半部分虚框中的 a 内容所示)：在步骤 1 中，概率估计的变化或者单边概率估计的传递作为一个相关刺激产生的趋势效应会成为引发最初心理动量的外在推动力；接下来在步骤 2 中，前述的推动力会通过激发心理模拟作为催化剂形成对未来结果趋势的预期(Kappes & Morewedge, 2016)，心理模拟结果产生的体验状态(包括生理的、情感的)是心理动量现象的重要特征 (Roese & Epstude, 2017)；最后在步骤 3 中，会形成心理动量的感知体验。

心理动量感知体验主要由心理上的感知“质量”与感知速度两部分所组成，公式为：心理动量(Psychological momentum) = 感知“质量” (Perceptual mass) × 感知速度(Perceptual velocity)。其中，感知“质量”是指抵抗变化的力量，从心理上来讲，个体感知到阻碍自己迈向成功的这些障碍、绊脚石、困难的环境等因素(这些传递的就是感知到的质量)更大时，一旦克服就会拥有更大的心理动量。例如可以想象三个人正在山里徒步旅行，遇到了一个高大的巨石，栖息在悬崖的边缘，这些徒步旅行者认为，将巨石推下悬崖并看着它滚下山峰将会是一个有趣的挑战。显然可见，巨石的质量越大，推下悬崖的难度就越大，换一种说法，质量较大的巨石比质量较小的巨石具有更大的抵抗变化的能力，更重要的是，如果徒步者确实设法将巨石推下悬崖，质量越大的巨石在滚动时将会聚集更多的动量(Briki & Markman, 2018)。多项研究表明心理动量的体验强度受到感知“质量”的影响(如战胜一个以往一直强于自身球队的对手比战胜一个过往和自身差不多甚至略弱的球队所产生的心理动量更大，而克服恶劣的环境条件获得竞赛的胜利比舒适环境条件下获得竞赛胜利产生的心理动量更大) (e.g., Briki et al., 2015; Markman & Guenther, 2007)。因此，当个体感知到概率估计的这一改变在相关情境中所需克服的“阻抗”越大时，概率估计改变带给个体的心理动量体验就越大，例如当个体感知到攻克某种新型的传染病的疫苗成功概率增长一个小的幅度时，会拥有程度非常大的心理动量，对于战胜这种传染病有着更加积极的信心；还有当接收到不同情境下的高于某个值的单边概率估计时，虽然基点概率值是相同，但是个体会因为在不同情境获取上升概率的难易程度不同而感受到不同程度的心理动量。

心理动量理论假定事件遵循某些朝向期望(或不期望的)最终状态的轨迹，而感知到的向这些最终状态移动的速度就是感知速度。换句话说，感知速度是指变化率(或增强率)，更快的变化率与更大的动量效应相关(Hubbard, 2017a)。多项研究表明感知速度(由在多项不断反复的成功或者不成功结果的场景中)直接影响心理动量的体验认知度(e.g., Pettit et al., 2013)。因此，当概率估计的趋势变化的速率越大时，心理动量体验感知也越大，例如假设专家 A 和专家 B 前一天预估的某种气候的概率均是 30%，第二天专家 A 预估的概率变化为 50%，专家 B 预估的概率变化为 40%，则听取专家 A 的意见的个体感知到的变化概率是 20%，相比于听取专家 B 的意见的个体感知到的 10%的变化概率而言，所获得的心理动量更大。当然这个前提是个体仅听取一位专家(即单一来源主体)的意见。现有文献多聚焦于单一来源主体，如果个体同时听取了 A 和 B 两位专家的评估预测，问题就变成了多来源主体的心理动量问题，这点在本文的后续未来发展方向中进行了讨论。此外，当单边概率的描述与概率估计变化相结合时，如从“高于 30%”变化为“高于 60%”时，心理动量不仅仅会因为概率变化率受到影响，同时会因为单边趋势性所暗示的潜在区间范围的进一步确定化而变得程度更深。当然，心理上的感知“质量”与感知速度是协同起来作用的，概率估计趋势产生的最大的心理动量会出现在克服阻碍较大且变化速度较快的情境下，两者所产生的心理动量具有叠加效应。

概率估计变化是一种外部信息刺激，作为激发心理动量的初始事件，其本身的趋势效应对于心理动量影响的程度还受到三种类型因素的影响(如图 1 中左下部分的 b 所示)，分别是：“强度” (intensity)、“频率” (frequency)和“持续性” (duration) (Iso-Ahola & Doston, 2014)。“强度”是指当概率估计变化的程度越大时，这一初始刺激所带来的心理动量的程度越深，同时也会激发更强烈的后续

行为反应，一般来说，感知“质量”与感知速度是决定“强度”的直接影响变量，如上文所述，在不同的感知“质量”与感知速度的情形下，个体产生的心理动量强度有很大的差异。“频率”是指当遇到两个或两个以上连续的概率估计变化刺激，此时心理动量的变化源于感知到的两个估计变化的连接性。“持续性”是指从时间维度上感知到的概率估计变化的持续性，这一因素事实上是由前两因素“强度”与“频率”共同所决定的，持续性动量可能发生在多个时间尺度上，从毫秒到数周或者数月等(Jordan et al., 2018)，“强度”与“频率”越高，会使得感知到的心理动量具有更强的持续性，并能给后续行为带来更长久的影响。事实上，随着心理动量的高频和持续，概率估计趋势可能会出现多时点变化(这与我们前文所提到的多时点的概率估计修正相对应)，Hubbard (2017a, 2017b)指出在心理动量的持续过程中，会具有两种不同的结构形式，即一致性(尽管缺乏强化，依然会持续下去)或变更性(上升或下降演化)，例如概率估计可能会出现“高于 30%”，“高于 40%”，“高于 50%”这种一致性变化，或者是“高于 30%”，“高于 40%”，“低于 35%”这种变更式的变化，不同结构下的线性与 V 型的多时点概率估计的心理动量体验有何区别？这也是一个重要的未来可探索课题。

当概率估计的心理动量推力引发心理动量体验(e.g., Kappes & Morewedge, 2016)，心理动量体验会继而引发多种心理的、身体的或者行为反馈，这些反应的强度和数量会不断增加直到这个动量序列被打断(Reh et al., 2018)。概率估计的趋势效应是一种动态性(dynamic)的刺激，这一刺激会通过心理动量的中介引发后续决策行为(Hubbard, 2019)，这一动态性作用体现在三个子维度中(如图 1 中右下部分的 c 所示)：

(1)缩小“差距” (Bridging the gap)。“差距”主要是指行为与强化之间的差距，由习得反馈失败后的被动强化所引发，如果没有在每次实验中(或每次学习到的情况下)都出现强化刺激，那么立即“忘记”先前学习到的适应性反应并非最佳选择(Nevin, 2015)。概率估计的趋势效应的动态化信息能够使得个体潜在地填补空白，因为这是一个偶然的动态性趋势变化，没有充分的强化刺激，因此依照人类的适应性决策规律，会依赖于心理动量所产生的惯性来做出判断，心理动量通过建议一个先前动作的连续性，潜在地在先前动作与当前动作或者当前动作与未来动作之间架起桥梁。

(2)知觉推断(Perceptual inference)。心理动量效应的存在表明，知觉、认知和行动都会经过调整以适应预期的未来状态，对预期状态的这种调整在很早之前就有被探索(即受推论影响的知觉最可能成为刺激源)。概率估计的趋势效应诱发的心理动量与诸多动态性诱发过程一致，研究表明认知系统所代表的动态性并不一定能准确反映参照刺激或情境的客观动态性，反映的是观察者预期的主观结果(Hubbard, 2020)，在心理动量研究中体验到的动量效应，包含的是观察者的动作或过程的主观后果，而这预期的动作相关的推论会动态影响到个体的知觉(Witt, 2018)，从而做出知觉推断，引发后续决策行为。

(3)预测处理(Predictive processing)。心理动量反映了对于不久的将来行为或者过程延续的预测处理，动量效应两个层次的处理与预测处理中“编码表示形式”与“编码预测”等相兼容。第一个层次的处理涉及预期运动或变化方向的一般偏移，就像在日常情况下因为设置最佳策略而产生许多错觉(illusion)一样，心理动量是概率运动或变化的对象在日常条件下为处于最佳状态而产生的(Hubbard, 2015)；第二个层次的处理涉及概率估计趋势刺激的特定知识(例如预期行为变化等)和可以调制前面一个层次处理的代表性内容，神经系统会根据图像统计数据的变化来改变其响应以及情境期望的影响和对心理动量的认知。心理动量会影响对自我或任何外部刺激的感知和作用，从而提供关于感知，认知，动作的预测处理(Hubbard, 2017a)。

4 未来可探索的研究方向

针对本文在“基于心理动量视角的概率估计的趋势效应影响机制模型”的分析过程中提到的几个更为复杂的探索问题，包括在多个信息来源主体下个体是如何进行概率估计的趋势效应的判断，动态趋势效应与静态概率估计的交互作用，我们提出了未来可探索的研究方向，同时，前述均基于个体面对概率估计的趋势效应的心理与行为反应，那在人际交互过程中这一趋势效应又将发挥怎样的作用？概率的沟通与交流在现实生活中至关重要，因此，风险沟通中的概率估计变化

趋势也是我们展望中讨论的重要命题。

4.1 多方信息来源主体下概率估计的趋势效应

现有概率估计趋势效应的研究大多聚焦于单方信息来源主体，在单方信息来源主体下，概率估计的趋势效应后效趋势方向较为清晰，且无论来源主体是人类专家还是计算机，结果均具有稳健性。但是在现实生活中，概率估计过程中往往存在多方信息来源主体，例如有两位专家同时对某一未来事件进行概率预测，此时，多方信息来源主体的概率预测会对个体关于目标事件的判断与决策产生怎样的影响？Hohle 和 Teigen (2018)的研究表明，在多方信息来源主体的情况下，存在近因效应。近因效应是指个体认为近期的预测比往期的预测更具相关性。例如，个体面临两份来自不同预测者的预测，预测者 A 的预测是在以前给出的，预测者 B 的预测是在最近给出的，那么个体在进行决策判断时，会认为预测者 B 的预测更具有相关性。但是即使存在近因效应，也不能说预测者 A 的预测不能影响个体的判断。实际上，即使预测者 A 的预测被认为是最不相关的，这个预测依然会影响个体对于预测者的信念。也就是说，当预测者 A 在过去给出的预测更有把握时，个体依然会期望预测者 A 在未来给出的预测更有说服力，这其中是否有可能有锚定效应的作用存在？有待验证。Løhre 等人(2019)还发现如果要强调不同专家估计的一致性，需要在同一框架下编码。在多方来源主体下，信息环境更加复杂，例如信息来源存在前后性，信息来源主体意见不一致等，个体如何进行判断与决策？认知过程怎样？决策规则如何？这些均有待未来进一步的研究。

4.2 动态趋势效应与静态概率估计的交互作用

静态的概率研究表明：概率权重函数是一个“反 S 型”的曲线，个体会对小概率事件赋予更高的权重，高估小概率事件的发生可能性，同时会低估中高概率事件；但接近确定位置(即客观概率为 1) 的时候，会出现“确定性效应”，即任何时间如果从确定性($p = 1$)稍微下降一点变为可能性事件，个体主观感觉上的变化程度要大于客观变化的程度(Tversky & Kahneman, 1992)。那么，动态概率估计的趋势效应在不同的概率数值大小上会产生什么样的不同？Maglio 和 Ploman (2016)的“不同量级大小的概率改变实验”设置了一个未来降雨的预测情境，采用的是 2(下雨概率：增加，降低) × 5(概率改变量：2%, 5%, 10%, 20%, 30%)的被试间设计，结果发现，相对于事件概率改变大小而言，绝对概率的改变方向在动态概率改变中更加重要。他们的这个实验的数值概率跨度是在同一情境下囊括整个 10%~70%的范围。事实上他们之前各种情境下的一系列实验设计包含了各个概率数值下的概率估计变化的趋势效应探索，包括：小概率情境(2%/4%变化到 3%)、中小概率情境(10%/15%变化到 20%)、中大概率情境(30%/60%变化到 45%)和大概率情境(70%/90%变化到 80%)，结果发现所有数值情境下概率估计变化的趋势效应都很显著，只有在大概率(70%/90%变化到 80%)的正性事件的选择意向情境(选择购买健康型枕头)中和在中小概率(10%/15%变化到 20%)的决策行为情境(选择白酒，选择后被试获得真实白酒的田野实验)中无显著差异(p 值分别为 0.085 和 0.088)。这说明在概率权重函数的两端，即小概率和大概率的数值情境下，概率估计变化的趋势效应确实会受到静态概率估计偏差的影响，同时还存在事件性质(正性还是负性事件)和行为性质(选择意向还是真实行为)两个因素的调节作用，这其中的交互效应值得未来深入探索。此外，目前对于单边概率估计的研究文献也多集中于单边概率的趋势效应讨论上，探索过的概率数值范畴是在 30%~70%之间(e.g., Hohle & Teigen, 2018; Teigen et al., 2018)，对于小概率和大概率的两端值的单边概率估计均还未有研究讨论。针对极小概率的区间值，如果采用单边概率陈述，是否能够有效抑制高估小概率的偏差？例如，假如一种流行性疾病开发出的新疫苗的副作用诱发概率区间是[0.0001%~0.01%]，在静态概率估计中人们可能存在高估小概率事件现象而排斥打疫苗，那么单边概率陈述(如疫苗致死率低于 0.01%)是否有可能减弱高估偏差，形成对疫苗风险预期向下的趋势，促使民众更加愿意接种疫苗，从而形成良性“助推”？

4.3 风险沟通中的概率估计变化趋势

预测和控制对于人类来说非常重要，日常生活中人们会努力去与他人进行风险沟通，而在这其中所使用的最多的便是概率估计。本文所探究的概率估计的趋势效应对于风险沟通有着至关重要的作用，沟通一方传达的概率估计改变或者单边概率表述，所产生的趋势效应会影响沟通另外一方的理解与判断(Kause et al., 2019)。Collins 和

Mandel (2019)的研究表明数字概率的传递比文字概率在更加确定的条件下传递更加准确。当确定性较为模糊时，概率变化的趋势就变得尤为重要，这将是个体判断与沟通的最重要线索，那么不同概率表述形式下概率变化的趋势效应及其影响机制有何不同？此外，Løhre 和 Teigen (2017)的研究表明，在沟通中，宽的概率区间被视为比窄的概率区间的可能性更大，但是充满着更多的不确定性。那么如果概率在沟通描述过程中不是点值，而是一个区间值，概率从区间值到另一区间值的变化是否也会产生趋势效应呢？再者，张素愚等人(2018)发现序列趋势会因任务框架的不同对趋势阻尼产生不同的影响；Hohle 和 Teigen (2018)指出，趋势感知能否从单边概率的信息中推断出来取决于框架描述的方式，当个体对目标事件的未来变化有充足的了解之后，单边概率的趋势感知效应会消失。风险沟通中经常使用的单边概率估计趋势效应的边界机制是怎样？何时会发生作用？此外，人际交互过程中，如果双方对于概率边界的关注点不一样，可能会由于聚焦错觉(即两者关注的概率区间边界属性不同，对个别属性的注意力“聚焦”会同时造成对其他属性的“注意力忽视”) (谭飞 等，2016)产生理解上的差异；同时人际互动还存在认知水平上的“自我-他人”区分和情感水平上的“自我-他人”区分，这中间存在对于他人的信念、想法或情绪的论证以及推断(谭成慧 等，2020)，双方在这个过程中如何通过不断的比较、协调，最终达成对概率趋势估计的趋同？这一问题值得深思。最后，在不同情境的角色中，概率趋势沟通中的双方还存在角色差异，例如假定 A 职位晋升概率区间为[50%~80%]，当事人 A 因希望避免压力倾向于单边向下陈述(低于 80%)，而旁观者 B 可能出于鼓励倾向于单边向上陈述(高于 50%)，两者之间受到角色的约束表述不同。那主导型角色关系(例如领导成员)和平等型角色关系(例如夫妻之间)的概率趋势估计是否又会有不同机制呢？

5 结语

本文通过叙述概率估计变化的趋势性与单边概率的趋势性探索了动态概率估计的趋势效应，并阐述了概率估计的趋势效应对于个体判断与决策的影响。进一步的，建构了心理动量视角下的整合模型，揭示了概率估计的趋势效应对于决策影响的内部机制。本文为探讨动态概率趋势效应打造了基础，并从来源主体、动静态交互和风险沟通等角度提出了之后可探索的研究方向。

参考文献

杜雪蕾，许洁虹，苏寅，李纾. (2012). 用文字概率衡量不确定性：特征和问题. *心理科学进展, 20*(5), 651–661.

孙庆洲，邬青渊，张静，江程铭，赵雷，胡凤培. (2019). 风险决策的概率权重偏差：心理机制与优化策略. *心理科学进展*, *27*(5), 905–913.

谭成慧，马姗姗，朱传林，赵源，王炫懿，疏德明，刘电芝. (2020). 人际互动中的“自我-他人”区分：多水平的探索. *心理科学进展, 28*(11), 1890–1900.

谭飞，李爱梅，孙海龙，侯芬. (2016). 聚焦“缺失”对当下幸福体验的影响. *心理科学进展, 24*(10), 1544–1550.

王晓田. (2019). 如何用行为经济学应对不确定性：拓展有效助推的范围. *心理学报, 51*(04), 407–414.

熊冠星. (2020). *克服“束手无策”：化解不确定性的决策之道*. 武汉大学出版社.

张素愚，王修欣，杜秀芳. (2018). 任务框架和序列趋势对趋势阻尼的影响. *心理科学, 41*(1), 31–37.

Attali, Y. (2013). Perceived hotness affects behavior of basketball players and coaches. *Psychological Science, 24*(7), 1151–1156.

Brenner, L. A., Griffin, D. W., & Koehler, D. J. (2012). A case-based model of probability and pricing judgments: Biases in buying and selling uncertainty. *Management Science*, *58*(1), 159–178.

Briki, W., & Markman, K. D. (2018). Psychological momentum: The phenomenology of goal pursuit. *Social and Personality Psychology Compass*, *12*(9), 1–14.

Briki, W., Markman, K. D., Coudevylle, G. R., Sinnapah, S., & Hue, O. (2015). Momentum sequence and environmental climate influence levels of perceived PM within a sport competition. *European Journal of Sport Science*, *16*(3), 350–357.

Briki, W., & Zoudji, B. (2019). Gaining or losing team ball possession: The dynamics of momentum perception and strategic choice in football coaches. *Frontiers in Psychology, 10*, 1019.

Caruso, E. M., van Boven, L., Chin, M., & Ward, A. (2013). The temporal Doppler Effect: When the future feels closer than the past. *Psychological Science*, *24*(4), 530–536.

Collins, R. N., & Mandel, D. R. (2019). Cultivating credibility with probability words and numbers. *Judgment and Decision Making*, *14*(6), 683–695.

Erlandsson, A., Hohle, S. M., Løhre, E., & Västfjäll, D. (2018). The rise and fall of scary numbers: The effect of

perceived trends on future estimates, severity ratings, and help-allocations in a cancer context. *Journal of Applied Social Psychology*, *48*(11), 618–633.

Ersner-Hershfield, H., Galinsky, A. D., Kray, L. J., & King, B. G. (2010). Company, country, connections: Counterfactual origins increase organizational commitment, patriotism, and social investment. *Psychological Science, 21*(10), 1479–1486.

Fehr-Duda, H., & Epper, T. (2012). Probability and risk: Foundations and economic implications of probability-dependent risk preferences. *Annual Review of Economics, 4*(1), 567–593.

Ferson, S., O'Rawe, J., Antonenko, A., Siegrist, J., Mickley, J., Luhmann, C. C., ... Finkel, A. M. (2015). Natural language of uncertainty: Numeric hedge words. *International Journal of Approximate Reasoning*, *57*, 19–39.

Fessel, F., & Roese, N. J. (2011). Hindsight bias, visual aids, and legal decision making: Timing is everything. *Social and Personality Psychology Compass, 5*(4), 180–193

Gallistel, C. R., Krishan, M., Liu, Y., Miller, R., & Latham, P. E. (2014). The perception of probability. *Psychological Review*, *121*(1), 96–123.

Guenther, C. L., & Kokotajlo, C. (2017). Psychological momentum and risky decision-making. *Journal of Theoretical Social Psychology, 1*(2), 43–51.

Hohle, S. M., & Teigen, K. H. (2015). Forecasting forecasts: The trend effect. *Judgment and Decision Making*, *10*(5), 416–428.

Hohle, S. M., & Teigen, K. H. (2018). More than 50% or less than 70% chance: Pragmatic implications of single-bound probability estimates. *Journal of Behavioral Decision Making*, *31*(1), 138–150.

Hohle, S. M., & Teigen, K. H. (2019). When probabilities change: Perceptions and implications of trends in uncertain climate forecasts. *Journal of Risk Research*, *22*(5), 555–569.

Howe, L. C., MacInnis, B., Krosnick, J. A., Markowitz, E. M., & Socolow, R. (2019). Acknowledging uncertainty impacts public acceptance of climate scientists' predictions. *Nature Climate Change, 9*(11), 863–867.

Hubbard, T. L. (2015). The varieties of momentum-like experience. *Psychological Bulletin*, *141*(6), 1081–1119.

Hubbard, T. L. (2017a). Toward a general theory of momentum-like effects. *Behavioural Processes, 141*(8), 50–66.

Hubbard, T. L. (2017b). Momentum in music: Musical succession as physical motion. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain, 27*(1), 14–30.

Hubbard, T. L. (2019). Momentum-like effects and the dynamics of perception, cognition, and action. *Attention Perception & Psychophysics*, *81*, 2155–2170

Hubbard, T. L. (2020). Representational gravity: Empirical findings and theoretical implications. *Psychonomic Bulletin & Review*, *27*(1), 36–55.

Isaac, M. S., & Brough, A. R. (2014). Judging a part by the size of its whole: The category size bias in probability judgments. *Journal of Consumer Research*, *41*(2), 310–325.

Iso‐Ahola, S. E., & Dotson, C. O. (2014). Psychological momentum: Why success breeds success. *Review of General Psychology*, *18*(1), 19–33.

Jordan, J. S., Cialdella, V., Schloesser, D. S., & Bai, J. (2018). Forms of bias in cognitive science: Moving beyond perception, action, and cognition. In T. L. Hubbard (Ed.). *Spatial biases in perception and cognition* (pp. 350-365). New York: Cambridge University Press

Kappes, H. B., & Morewedge, C. K. (2016). Mental simulation as substitute for experience. *Social and Personality Psychology Compass*, *10*(7), 405–420.

Kause, A., Townsend, T., & Gaissmaier, W. (2019). Framing climate uncertainty: Frame choices reveal and influence climate change beliefs. *Weather, Climate, and Society*, *11*(1), 199–215.

Lewandowsky, S. (2011). Popular consensus: Climate change is set to continue. *Psychological Science*, *22* (4), 460–463.

Loewenstein, G. F., Weber, E. U., Hsee, C. K., & Welch, N. (2001). Risk as feelings. *Psychological bulletin, 127*(2), 267–286.

Løhre, E. (2018). Stronger, sooner, and more certain climate change: A link between certainty and outcome strength in revised forecasts. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *71*(12), 2531–2547.

Løhre, E., Sobkow, A., Hohle, S. M., & Teigen, K. H. (2019). Framing experts' (dis) agreements about uncertain environmental events. *Journal of Behavioral Decision Making*, *32*(5), 564-578.

Løhre, E., & Teigen, K. H. (2017). Probabilities associated with precise and vague forecasts. *Journal of Behavioral Decision Making*, *30*(5), 1014–1026.

Maglio, S. J., & Polman, E. (2014). Spatial orientation shrinks and expands psychological distance. *Psychological Science*, *25*(7), 1345–1352.

Maglio, S. J., & Polman, E. (2016). Revising probability estimates: Why increasing likelihood means increasing impact. *Journal of Personality and Social Psychology*, *111*(2), 141–158.

Markman, K. D., & Guenther, C. L. (2007). Psychological momentum: Intuitive physics and naive beliefs. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *33*(6), 800–812.

Nevin, J. A. (2015). *Behavioral Momentum: A Scientific Metaphor*. CreateSpaceIndependent Publishing, San

Bernadino.

Pettit, N. C., Sivanathan, N., Gladstone, E., & Carson Marr, J. (2013). Rising stars and sinking ships: Consequences of status momentum. *Psychological Science, 24*(8), 1579–1584.

Regenwetter, M., & Davis‐Stober, C. P. (2018). The role of independence and stationarity in probabilistic models of binary choice. *Journal of Behavioral Decision Making*, *31*(1), 100–114.

Reh, S., Tröster, C., & van Quaquebeke, N. (2018). Keeping (future) rivals down: Temporal social comparison predicts coworker social undermining via future status threat and envy. *Journal of Applied Psychology, 103*(4), 399–415.

Roese, N. J., & Epstude, K. (2017). The functional theory of counterfactual thinking: New evidence, new Challenges, new insights. In *Advances in Experimental Social Psychology* (ed., Vol. 56). (pp. 1–79). Academic Press Inc.

Shen, L., & Hsee, C. K. (2017). Numerical nudging: Using an accelerating score to enhance performance. *Psychological Science*, *28*(8), 1077–1086.

Suter, R. S., Pachur, T., & Hertwig, R. (2016). How affect shapes risky choice: Distorted probability weighting versus probability neglect. *Journal of Behavioral Decision Making*, *29*(4), 437–449.

Teigen, K. H., Halberg, A. M., & Fostervold, K. I. (2007). Single limit interval estimates as reference points. *Applied Cognitive Psychology*, *21*(3), 383–406.

Teigen, K. H., Løhre, E., & Hohle, S. M. (2018). The boundary effect: Perceived post hoc accuracy of prediction intervals. *Judgment and Decision Making*, *13*(4), 309-321.

Tetlock, P. E., & Gardner, D. (2015). *Superforecasting: The art and science of prediction*. Random House.

Tversky, A., & Kahneman, D. (1992). Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty. *Journal of Risk and Uncertainty, 5*(4), 297–323.

Witt, J. K. (2018). Spatial biases from action. In T. L. Hubbard (Ed.). *Spatial biases in perception and cognition* (pp. 307–323). New York: Cambridge University Press.

The trend effect of probability estimation and its influence on decision-making from the perspective of psychological momentum

XIONG Guanxing[1], YE Jinming[1], SUN Hailong[2]

([1] *School of Economics and Management, South China Normal University, Guangzhou* 510005, *China*)

([2] *School of Business, Guangdong University of Foreign Studies, Guangzhou* 510006, *China*)

Abstract: Probability is an important indicator reflecting risk and uncertainty. Probability estimation has trend effect and this will affect decision-making. This paper describes two manifestations of the trend effect of probability estimation: (1) the tendency of the revised probability estimation (the probability estimation changes at different time points), and (2) single-bound probability (the estimated expression higher or lower than the upper or lower bound of a certain probability interval)—and reveals its impact on an individual’s judgments, decision-making behaviors, and irrational decision deviations. Based on the theoretical perspective of psychological momentum, we propose an integrated model to explore the probability estimation’s trend effect to trigger the psychological momentum experience, leading to subsequent decision behaviors. Future research can focus on three areas. (1) Probability estimation’s trend effect when there are multiple information sources. (2) The interaction between dynamic trend effect and static probability estimation. (3) The trend effect of revised probability estimation in risk communication.

Key words: probability estimation, the trend effect, psychological momentum, revised probability, single-bound probability, decision making